Lane Medical Library

# Über die explosionsartige Wirkung der modernen Kleinkalibergeschosse.

INAUGURAL-DISSERTATION

WELCHE

ZUR ERLANGUNG DER DOCTORWÜRDE

IN DER

MEDICIN UND CHIRURGIE

MIT ZUSTIMMUNG

DER MEDICINISCHEN FACULTÄT

DER

FRIEDRICH-WILHELMS-UNIVERSITÄT ZU BERLIN

am 5. Dezember 1904

NEBST DEN ANGEFÜGTEN THESEN

ÖFFENTLICH VERTEIDIGEN WIRD

DER VERFASSER

**Johannes Rohkohl**

approb. Arzt aus Wernersdorf i. Schl.

Unterarzt im 2. Ermländischen Infanterie-Regiment Nr. 151.

OPPONENTEN:

Herr Unterarzt Schellhorn.

- Unterarzt Goebel.

- Unterarzt Vogelsberger.

BERLIN.

Universitäts-Buchdruckerei von Gustav Schade (Otto Francke).

Linienstraße 158.

Gedruckt mit Genehmigung

der

**Medizinischen Fakultät der Universität Berlin.**

Referent: Prof. Dr. **Hildebrand.**

Meinen Eltern.

## Einleitung.

Es ist eine allgemein bekannte Tatsache, daß bei den europäischen Armeen noch bis zur Mitte des vergangenen Jahrhunderts explodierende Gewehrgeschosse zuweilen verwendet wurden. Es waren dies Hohlgeschosse, die in ihrem Innern eine Sprengladung bargen und hauptsächlich dazu dienten, leicht entzündliche Stoffe, z. B. die Munitionsvorräte des Feindes, zum Brennen und damit auch zur Explosion zu bringen. Beim Aufschlagen eines solchen Geschosses auf einen Widerstand zerriß die im Innern befindliche Sprengladung den Geschoßmantel und setzte leicht feuerfangende Gegenstände in seiner Umgebung in Brand. Daß bei Anwendung solcher Sprenggeschosse — absichtlich oder unabsichtlich — öfters Menschen, wohl meist Bedienungsmannschaften der Munitionswagen, getroffen wurden, ist leicht erklärlich. Die hierbei beobachteten außerordentlich schweren Verwundungen führten zu berechtigten Klagen über die Benutzung derartiger Projektile, und nachdem man im russisch-türkischen und auch im französisch-italienischen Kriege mehrfach ihre verderbliche Wirkung kennen gelernt hatte, kam man im Petersburger Vertrage, am 16. November 1868, dem sämtliche europäischen Mächte beitraten, überein, in einem künftigen Kriege Sprenggeschosse für das kleine Gewehr nicht mehr zu verwenden. Trotzdem nun also im deutsch-französischen Kriege die Anwendung explosibler Geschosse vertragsmäßig ausgeschlossen war, wurden doch bald zu Anfang desselben auf beiden Seiten der kriegführenden Parteien Klagen laut, die den Gegner des Vertragsbruches beschuldigten. Die Ursache dieser Beschwerden ist leicht verständlich. Man hatte bei dem kleinen Kaliber und

der für damalige Zeiten unverhältnismäßig großen Geschwindigkeit des Chassepotgeschosses eine kleine Ein- und Ausschußöffnung und einen engen Schußkanal als Wirkung dieses Projektils erwartet. Als aber schon in den ersten Schlachten diese Voraussetzung keineswegs immer zutraf, als man sah, daß der Ausschuß die Eingangsöffnung zuweilen um ein Vielfaches übertraf und daß aus der Wunde Weichteilfetzen, mit Knochengrus durchsetzt, heraushingen, stieg deutscherseits sogar bei bewährten Fachmännern der Verdacht auf, der Feind bediene sich explosibler Gewehrgeschosse. Aber auch auf französischer Seite beobachtete man bei Leuten, die von dem preußischen Zündnadelgeschoß getroffen waren, zahlreiche Verwundungen mit ausgiebiger Zerstörung der den Schußkanal umgebenden Gewebe. Die Folge hiervon war die Annahme, deutscherseits gelangten explosionsfähige Gewehrprojektile zur Verwendung. Diese fortwährenden gegenseitigen Anschuldigungen führten sogar zu diplomatischen Verhandlungen, die ihre Grundlosigkeit ergeben haben. Indessen ließen sich trotzdem im Verlaufe des Feldzuges manche Kriegschirurgen nicht von der einmal gefaßten Ansicht abbringen. Vereinzelt stieg deutscherseits sogar der Verdacht auf, der Feind schieße mit gehacktem Blei, da man sich das Zustandekommen mancher bösartigen Verletzung gar nicht anders erklären konnte. Berichterstatter haben hierfür Beweise zu erbringen geglaubt, die sich indessen nicht als einwandsfrei herausgestellt haben, wenn auch die Annahme nicht gänzlich von der Hand zu weisen ist, daß sich fanatische Franktireurs zuweilen dieser Art von Geschossen bedient haben können. Der Grund für alle diese verfehlten Behauptungen lag darin, daß man vor dem Kriege die zuweilen auftretende explosionsartige Wirkung der damaligen Gewehrprojektile, die, mit einer großen Anfangsgeschwindigkeit begabt, den menschlichen Körper aus naher Entfernung trafen, nicht kannte. Die Folge der im französischen Kriege gemachten Beobachtungen war, daß nach demselben zahlreiche Schießversuche mit dem Chassepot und ihm ähnlichen Gewehren angestellt wurden, welche ergaben, daß die Geschosse dieser Gewehre in der Tat imstande waren, einerseits geringfügige Verwundungen, andererseits die ausgedehntesten

explosionsartigen Zerstörungen der menschlichen Gewebe hervorzurufen. Es konnte nicht ausbleiben, daß die Frage nach der physikalischen Wirkung der modernen Geschosse dadurch in hohem Maße angeregt wurde. Besonders sind es die sogenannten „Explosionsschüsse", welche seit dem Feldzuge 1870—71 die Kriegschirurgen unausgesetzt beschäftigen und den lebhaftesten Meinungsaustausch, besonders wieder in neuerer Zeit, hervorgerufen haben. Während man sich eine Zeitlang nur mit Schießversuchen an Leichen und den verschiedensten Gegenständen begnügen mußte, hat man jetzt reiche Erfahrungen gesammelt sowohl bei Obduktionen von Selbstmördern als auch in den letzten Kriegen der Neuzeit, sodaß die Frage nach der physikalischen Ursache der Explosionsschüsse immer von neuem angeregt wurde und noch heute von großer waffentechnischer wie kriegschirurgischer Bedeutung ist. Es soll im folgenden der Versuch gemacht werden, die wichtigsten der über diesen Punkt aufgestellten Theorien in chronologischer Reihenfolge zusammenzustellen.

## Hauptteil.

Schon kurz vor dem deutsch-französischen Kriege waren explosionsartige Wirkungen von Gewehrgeschossen beobachtet worden und zwar bei Erproben des französischen Chassepotgewehres, welches, wie bekannt, infolge der großen Flugweite seines Geschosses die Gewehre anderer Armeen bei weitem übertraf. Ein solcher Fall wurde von Rémond und Lorber beschrieben. Bei Schießversuchen mit dem genannten Gewehre ging durch unvorsichtige Handhabung ein Schuß vorzeitig los und durchbohrte zwei hintereinander stehende Soldaten, von denen der erste sich 10 cm vor der Gewehrmündung befand. Bei dem ersten Verwundeten fand sich ein den Einschuß um ein Mehrfaches übertreffender Ausschuß, in den Schußkanälen selbst waren bei beiden Getroffenen Weichteile wie Knochen in ganz unverhältnismäßig hohem Grade zertrümmert. Von denselben Autoren wurde noch ein ähnlicher Fall beschrieben, eine Erklärung hierfür blieb aber aus.

Die ersten Schießversuche zu wissenschaftlichen Zwecken wurden von Sarazin angestellt, welcher auf 15 cm Entfernung menschliche Leichen mit dem Chassepot beschoß und fand, daß bei dieser Entfernung der Einschuß dem Geschoßdurchmesser ziemlich entsprach, während der Ausschuß die Peripherie des Geschosses bei weitem übertraf, daß ferner Knochen und Weichteile in großer Ausdehnung zerschmettert waren. Diesen weniger bekannt gewordenen Erfahrungen entsprachen dann, wie erwähnt, die im französischen Kriege gemachten Beobachtungen und riefen allenthalben zahlreiche Versuche einer Erklärung der Explosionsschüsse hervor. Es wurden bald die verschiedensten Theorien hierüber aufgestellt, mit welchen zugleich sich eine lebhafte Kontroverse über diesen Gegenstand bemerkbar machte. Vor allem verursachte die Nutzanwendung der Schießergebnisse, die man bei Leichen, bei festen und flüssigen Gegenständen erhalten hatte, auf die Gewebe des lebenden menschlichen Körpers ein lebhaftes Für und Wider der einzelnen Autoren. Von den älteren Theorien haben sich manche keiner großen Verbreitung zu erfreuen gehabt, andere haben noch heute mehr oder weniger Anhänger.

## I. Theorie des Luftdruckes.

### a) Pulvergase.

Als eine der am frühesten aufgestellten dürfte die Theorie des Luftdruckes anzusehen sein. Hiernach nahmen einige Autoren die direkte Einwirkung der Pulvergase auf den menschlichen Körper an. Es läßt sich nicht leugnen, daß diese Erklärung bei Verletzungen von Selbstmördern sehr nahe liegt, indessen kann man unmöglich annehmen, daß dieselbe bei allen Explosionsschüssen zulässig ist, da ja bekanntlich noch in einer Entfernung von 100 m und darüber bei den jetzigen Geschossen mit ihrer enormen Anfangsgeschwindigkeit explosionsartige Wirkungen zur Beobachtung gelangen. Wohl aber ist bei Verwundungen von Selbstmördern, welche die Gewehrmündung dicht auf die Haut setzten oder dieselbe in den Mund nahmen, diese Theorie immer von neuem aufgetaucht, sei es, daß man die Pulvergase

allein, sei es im Verein mit dem Geschoß für die wahrhaft furchtbaren Zerstörungen solcher Schüsse verantwortlich machte. Noch in den letzten Jahren trat Professor Tilmann, allerdings nur für die beiden letzteren Fälle, für diese Art der Geschoßwirkung ein, was im folgenden noch Erwähnung finden wird.

b) Mitgerissene Luftwelle.

Die Abart der „Luftdrucktheorie", wonach eine vor dem Geschosse einhergetriebene Luftwelle Sprengwirkung hervorrufen sollte, konnte sich nicht lange halten. Man führte hiergegen an, daß im Falle des Zutreffens dieser Anschauung die Gewebe der Umgebung des Schußkanals mit Luft imprägniert sein müßten, was den Befunden nicht entspricht. Andererseits werde die vom Geschoß vorgestoßene Luftwelle beim Auftreffen auf ein Ziel infolge der Labilität ihrer kleinsten Teilchen nach allen Richtungen hin auseinandergetrieben.

## II. Rotationstheorie.

a) Unbehinderte Rotation.

Ebenfalls sehr früh schrieb man der Rotation der Geschosse eine Explosionswirkung zu. Die durch den gezogenen Gewehrlauf verursachte Rotation der modernen Langgeschosse sollte sich auf die von ihnen betroffenen Gewebsteile des Körpers übertragen, diese selbst wieder in rotatorische Bewegung versetzen und so eine Seitenwirkung senkrecht zur Geschoßachse hervorrufen. Diese Theorie stützte sich hauptsächlich auf solche Verwundungen, bei denen eine hochgradige Zertrümmerung der Knochen mit großen Weichteildefekten gefunden wurde, und es sollten gerade die Knochensplitter sein, welche durch sekundäre Rotation die Weichteilverletzungen hervorriefen. Demgegenüber wies zuerst Professor Kocher nach, daß man auch mit einer Vollkugel aus glattem Laufe bei entsprechender Entfernung Explosionswirkung hervorrufen kann. Außerdem betonen die Gegner der Theorie, daß das kurze Verweilen des Geschosses im menschlichen Körper und demnach die minimale Zeit, die es zur Mitteilung seiner eigenen Rotation an die

von ihm betroffenen Gewebe habe, in keinen Einklang mit den höheren Graden der Sprengwirkung zu bringen sei. Für das 8 mm-Stahlmantelgeschoß des Gewehrmodells 88 beträgt z. B., wie die Medizinalabteilung des Kriegsministeriums bei Widerlegung der in Rede stehenden Theorie hervorhebt, die Rotation beim Durchschlagen eines 10 cm dicken Körpers aus der Entfernung von 1 m nur 0,416. Das Geschoß macht demnach nicht einmal eine volle Rotation innerhalb dieses Körpers durch. Allerdings hängt die Zahl der Rotationen im Ziel von der Entfernung und den Reibungswiderständen des betroffenen Gegenstandes ab, sie nimmt proportional mit diesen zu, indessen wird die unbehinderte Rotation als Ursache der Sprengwirkung, vor allem bei geringen Entfernungen, jetzt allgemein in Abrede gestellt.

### b) Behinderte oder gestörte Rotation.

Dagegen ist die Frage, ob und bis zu welchem Grade man eine sogenannte gestörte Rotation, die bei den jetzigen Langgeschossen öfter beobachtet wird, zur Erklärung der Explosionsschüsse heranziehen könne, in den letzten Jahren häufiger erörtert worden. Dieses Abweichen von der normalen Drehung des Geschosses kann außerhalb des menschlichen Körpers wie in demselben vorkommen. Außerhalb des Zieles kann diese Ablenkung durch vorheriges Aufschlagen auf einen harten Gegenstand oder durch das Streifen eines solchen bedingt werden, innerhalb des Körpers sind es meist die Knochen, welche die Geschoßrichtung mehr oder weniger verändern können. Es liegt auf der Hand, daß ein mit seiner Breitseite aufschlagendes Geschoß, ein sogenannter Querschläger, erheblichere Verletzungen hervorruft, als ein mit der Längsachse senkrecht zum Ziel wirkendes. Ebenso muß das im Körper selbst abgelenkte Projektil größere Zerstörungen verursachen, als wenn es denselben glatt durchschlagen hätte. Gerade dieser letzteren Tatsache mißt die Medizinalabteilung eine gewisse Bedeutung bei, da sich manche Explosionsschüsse hierdurch ganz gut erklären lassen könnten, zumal bei diesen Fällen das Geschoß nicht durch vorher stattgefundenes Abprallen von einem festen Gegenstande an seiner lebendigen Kraft

Einbuße erlitten habe. Man müsse also annehmen, daß das mit wenig geschwächter Rotationsfähigkeit in den Körper schräg eindringende Geschoß in demselben „eine mehr oder minder große Drehung oder kreiselartige Bewegung" beschreibe und hierdurch eine erhebliche Seitenwirkung ausübe.

Andere Autoren, wie z. B. Kocher, leugnen den Einfluß auch der gestörten Rotation gänzlich und lassen die bei Querschlägern beobachteten hochgradigen Verletzungen durch die hierbei auftretende Vergrößerung der Berührungsfläche zwischen Geschoß und Ziel entstehen.

### III. Erhitzungs- und Schmelzungstheorie.

Von einigen Experimentatoren wurde der Erhitzung und Schmelzung der Geschosse im menschlichen Körper eine so große Bedeutung beigemessen, daß sie durch diese Vorgänge die Explosionserscheinungen für genügend erklärt hielten. Durch den Widerstand, welchen das Geschoß im Körper fände, sollte es eine Erhitzung resp. Schmelzung erleiden, deren Folge das Abspritzen kleinster Bleipartikelchen sei, die dann durch die Kraft der Geschoßrotation zusammen mit abgesprengten Knochensplittern eine erhebliche Seitenwirkung zu äußern imstande wären. Eine beliebig angenommene Erhitzung von Bleigeschossen ruft indessen nach Kocher niemals Absprengungen von Bleispritzern hervor, immer geschieht dies nur durch wirkliche Schmelzungsvorgänge, was er durch zahlreiche Versuche bewiesen hat. Nach seinen Ausführungen kommen solche Geschoßschmelzungen nur bei Knochenschüssen vor, aber auch bei diesen mißt er den abgeschleuderten Bleiteilchen nur eine geringe Bedeutung bei, dieselben wirken vielmehr höchstens dadurch, daß sie die Angriffsfläche des Geschosses vergrößern, gleichzeitig aber seine Perkussionskraft verringern. Jedenfalls läßt sich seiner Meinung nach nur ein geringer Bruchteil von Explosionsschüssen durch das Zustandekommen von Bleiabschmelzungen erklären.

Wenn nun auch ein Einfluß abgesprengter Bleistückchen auf die Bösartigkeit einer Verwundung meiner Meinung nach nicht unbedingt abzuleugnen ist — man

denke an die furchtbaren Dum-Dum-Geschosse — so fällt ihre Bedeutung doch bei den jetzt allgemein gebräuchlichen Vollmantelgeschossen fast völlig weg. Um klarzustellen, inwieweit bei diesen Geschossen Bleiabschmelzungen innerhalb des menschlichen Körpers in Betracht kämen, stellte die Medizinalabteilung des Kriegsministeriums eine Reihe interessanter Versuche an. Diese ergaben, daß beim Beschuß von Tannenholz ein Mantelgeschoß allerdings so hohe Temperaturen erreichen kann, daß der Kern teilweise Schmelzerscheinungen zeigt, und zwar wurden hierbei Temperaturwerte bis zu 159° erzielt. Man fand dieselben, indem man den Geschoßkern aus Legierungen herstellte, deren Schmelzpunkte bekannt waren. Die höchste Temperatur jedoch, die das Geschoß beim Durchschlagen des menschlichen Körpers annahm, wurde zwischen 65° und 95° C. liegend gefunden. Da nun bekanntermaßen der Schmelzpunkt des Bleies 335° beträgt, würde bei den augenblicklich verwendeten Stahlmantelgeschossen die Bedeutung von Bleiabschmelzungen für das Zustandekommen der Spreng- oder Explosionsschüsse gänzlich außer Betracht kommen.

## IV. Deformationstheorie.

Wie die vorige Theorie, so hat auch die der „Geschoßdeformation“ seit Einführung der Mantelgeschosse stark an Boden verloren. Während früher Deformierungen reiner Bleigeschosse häufig beobachtet wurden und ihre Zahl mit der Vergrößerung der Anfangsgeschwindigkeit der Projektile noch zunahm, sodaß im Kriege 1870—71 ein großer Prozentsatz von Knochenschüssen Geschoßdeformierungen aufwies, kommen solche Formveränderungen bei den jetzigen Mantelgeschossen weit seltener zur Beobachtung. Daß ein deformiertes Geschoß, sei es, daß es als solches bereits den Körper traf, sei es, daß es sich erst innerhalb desselben deformierte, weit schlimmere Verwundungen verursacht, als ein unverändertes, beruht auf denselben Gesetzen, welche für die sogenannten Querschläger gelten, nämlich auf der Vergrößerung der Angriffsfläche des Geschosses auf den Körper. Die Behauptung jedoch, daß sich alle Explo-

sionsschüsse durch Geschoßdeformationen genügend erklären lassen, wird einmal dadurch hinfällig, daß Explosionserscheinungen der menschlichen Gewebe auch infolge von unverändert durchschlagenden Geschossen beobachtet worden sind. Andererseits kann der von der Medizinalabteilung nachgewiesene geringe Prozentsatz der Deformationen von Mantelgeschossen mit der Häufigkeit der Explosionsschüsse nicht in Einklang gebracht werden. Wenn allerdings derartige Formveränderungen beim Auftreffen des Projektiles auf einen festen Knochen gar nicht so selten sind, so kommen sie doch bei reinen Weichteilschüssen, den neuesten Schießversuchen zufolge, nie vor. Es kann infolgedessen die Deformation nicht als genügende Erklärung der Explosionsschüsse gelten.

## V. Theorie des hydrostatischen oder hydraulischen Druckes.

Weit mehr Anhänger als alle vorhergehenden Theorien hat die des hydrostatischen Druckes gefunden. Sie wurde zuerst von Busch bei Gelegenheit einer Sitzung der Deutschen Gesellschaft für Chirurgie im Jahre 1879 aufgestellt. Dieser Experimentator, der bald nach dem Feldzuge 1870 Versuche zur Aufklärung der Explosionsschüsse anstellte und dem die Anregungen zu den oben erwähnten Erklärungsversuchen größtenteils zuzuschreiben sind, hatte bei seinen Schießversuchen auf enthirnte Schädel gefunden, daß dieselben unter Entstehung eines kleinen Ein- und Ausschusses glatt durchschlagen wurden. Ein anderes Bild jedoch boten die Vollschädel, falls mit Geschossen von größerer Anfangsgeschwindigkeit aus einer gewissen Nähe operiert wurde. Hierbei entstand meist ein dem Geschoß entsprechender Einschuß, während an Stelle der Austrittsöffnung sich ein ganz erheblicher Defekt zeigte, die benachbarten Knochen Sprünge aufwiesen und unter dem Beschuß selbst ein Umherspritzen von Gehirnteilen und Knochenstücken nach allen Seiten hin stattfand. Diese explosionsartigen Vorgänge im Schädel während des Schusses, sowie das Fehlen einer eigentlichen Ausschußöffnung führte Busch auf einen hydrostatischen Druck zurück, den das Geschoß auf den flüssigkeitsreichen

Inhalt der Schädelkapsel ausübe und den dieser wieder auf seine Wandungen übertrage. Die Theorie, die zuerst nur für Schädel- und Diaphysenschüsse aufgestellt worden war, fand bald zahlreiche Anhänger. Es wurden analoge Versuche mit Schüssen auf wasser- oder kleistergefüllte Gefäße gemacht, welche dieselben Resultate ergaben, sobald man sie aus einer gewissen Nähe und unter Anwendung von Geschossen mit großer Anfangsgeschwindigkeit zum Ziele nahm. Dabei zeigte es sich auch, daß die Ergebnisse sich gleich blieben, gleichgültig, ob das Geschoß aus einem gezogenen Laufe stammte oder ob man Rundkugeln aus glattem Laufe verwendete, eine Beobachtung, die von Kocher z. B. gegen die gleichzeitig sich breit machende Rotationstheorie nachdrücklich ins Feld geführt wurde. Bald wurde die Theorie des hydrostatischen Druckes weiter ausgebaut und späterhin von Kocher auf alle flüssigkeitsreichen Gewebe des menschlichen Organismus übertragen.

Wenn nun auch ein großer Teil der bedeutendsten Fachmänner für gewisse Teile des menschlichen Körpers ein Zustandekommen eines hydrostatischen Druckes beim Eindringen des Geschosses in dieselben zugab, so herrschte doch in vielen Punkten große Uneinigkeit. Einerseits gingen die physikalischen Anschauungen des hydrostatischen Druckes, andererseits die Ansichten über die Grenzen der Zulässigkeit desselben auf die menschlichen Gewebe weit auseinander. Rein physikalisch erklärt, kommt hydraulischer Druck dadurch zu stande, daß Wasser, welches in einem überall verschlossenen Gefäße einen Druck empfängt, diesen nach allen Seiten hin in gleicher Stärke auf beliebige Entfernung fortpflanzt. Als Beispiel hierfür ist die hydraulische Presse allgemein bekannt. Einige Autoren verstehen nun unter hydrostatischem Druck den Vorgang, wie er sich bei der hydraulischen Presse abspielt, und lassen einen solchen nur bei Schädel- und Diaphysenschüssen vorkommen. Hier sei eine allseitig geschlossene Kapsel mit einem flüssigkeitsreichen Inhalt vorhanden; das Geschoß wirke wie ein hydraulischer Stempel und sprenge die Wandungen durch hydrostatischen Druck auseinander. Andere lassen den Druck sich zwar gleichmäßig, aber mit verminderter Gewalt fortpflanzen, sodaß der im Innern des flüssig-

keitsreichen Organs entstehende Gesamtdruck gleich der angreifenden Gewalt sei. Man sieht hieraus, wie schroff sich im physikalischen Sinne diese beiden Auslegungen einander gegenüberstehen. Von wieder anderen wurden diese beiden Begriffe zusammengeworfen: der erste wurde zur Erklärung der Explosionsschüsse höchsten Grades, der andere zur Deutung von Sprengungserscheinungen geringerer Ausdehnung herangezogen. Analog mit diesen verschiedenartigen Anschauungen des hydrostatischen Druckes gingen auch, wie erwähnt, die Ansichten bezüglich der Anwendung desselben auf die menschlichen Gewebe auseinander. Einige Autoren ließen ihn nur bei Schädel- und Diaphysenschüssen gelten, nach anderen sollte er sich auch bei Weichteilschüssen zeigen, nach Kocher bei explosionsartigen Verletzungen sämtlicher flüssigkeitsreichen Gewebe des menschlichen Körpers. Indessen modifiziert letzterer in seinem 1895 erschienenen Werke den Begriff des hydrostatischen Druckes dadurch, daß er die beiden oben genannten Auslegungen desselben zusammenbringt. Für die höheren Grade schlägt er den Ausdruck „hydraulische Pressung“ vor, in Anlehnung an die Vorgänge bei der hydraulischen Presse, die niederen Grade läßt er durch „feuchte Sprengung“ entstehen, wodurch der Begriff des hydrostatischen Druckes in physikalischem Sinne unklar und verwischt wird. Es wurden von den Anhängern der Theorie zahlreiche Versuche unternommen, den durch Geschosse in Flüssigkeiten entstehenden hydraulischen Druck mit Manometern zu messen, indessen haben dieselben so verschiedene Resultate ergeben, daß ihnen keine große Bedeutung beizumessen ist.

Nachdem bereits im Jahre 1894 die Medizinalabteilung des Kriegsministeriums die in Rede stehende Theorie bekämpft hatte, ist sie durch die neuesten photographischen Versuche, wie weiter unten geschildert werden wird, vollkommen widerlegt worden.

### VI. Theorie der hydrodynamischen Druckwirkung.

Die Medizinalabteilung des Kriegsministeriums unternahm im Jahre 1894 eine stattliche Reihe von Schießversuchen mit Stahlmantelgeschossen an Leichen, lebenden

Tieren und allerhand Gegenständen, die zur theoretischen Klärung mancher offenen Fragen dienen sollten. Besonders ihre Versuche an Bleigefäßen, trockenen oder flüssigen Inhalts, boten unter gleichen Verhältnissen immer das gleiche Bild. Mit trockenem Inhalt angefüllte Bleikapseln zeigten außer Ein- und Ausschuß keinen Defekt ihrer Wandungen, dagegen äußerte sich bei geschlossenen wie offenen, mit irgend einer Flüssigkeit oder einem wasserreichen Stoffe angefüllten Gefäßen stets eine von innen nach außen auftretende Druckwirkung und zwar am meisten nach dem Ausschuß zu, weniger nach den Seiten und rückwärts. Diese explosive Wirkung nahm gleichmäßig allmählich mit zunehmender Schußdistanz ab. Bei oben offenen Wasserbehältern war dieselbe so stark, daß die emporgeschleuderte Wasserwelle ein im Abstande von 6 cm angebrachtes, 3 cm dickes Tannenholzbrett zertrümmerte. Die beschriebenen Versuche und ihre Ergebnisse veranlaßten die Medizinalabteilung, bei den explosiven Geschoßwirkungen einen hydraulischen Druck auszuschließen, im Gegensatz dazu vielmehr eine hydrodynamische Druckwirkung anzunehmen und folgende Theorie aufzustellen:

„Die dem Geschoß zunächst liegenden Wasserteilchen erhalten eine Geschwindigkeit, welche von derselben Größenordnung ist, wie die Geschoßgeschwindigkeit und die Teilchen übertragen die Geschwindigkeit weiter auf die ihnen benachbarten Wasserteilchen und so fort, sodaß eine ziemlich große Wassermasse eine außerordentliche Geschwindigkeit erhält. Die Arbeitsleistung eines Geschosses im Wasser besteht also wesentlich in der Abgabe seiner Geschwindigkeit an das umgebende Wasser, und zwar an eine ziemlich umfangreiche Wasserzone."

„Die Zerstörungen haben also ihre Ursache in der Eigentümlichkeit von Flüssigkeiten, welche darin besteht, daß ihnen vom Geschoß in großem Umfange große Geschwindigkeiten erteilt werden können, und durch die lebendige Kraft, welche in diesen mit großer Geschwindigkeit gegen ihre Umgebung anstürmenden Massen liegt, werden die überraschenden, explosionsartigen Wirkungen hervorgebracht."

Der Unterschied zwischen der vorigen Theorie und dieser besteht demnach darin, daß jene eine Wirkung

infolge von Druckerhöhung, diese dagegen einen direkten Druck durch fortgeschleuderte Teilchen annimmt. Allerdings entstehe beim Eindringen des Geschosses in eine allseitig umschlossene Wassermasse im ersten Moment ein hydraulischer Druck, doch sei dieser nicht imstande, die großen Defekte der Gefäßwandungen hervorzurufen.

Zum Verständnis der verfochtenen Theorie gibt die Medizinalabteilung eine Übersicht über die physikalischen Eigenschaften der einzelnen Stoffe, die ihr als Ziel dienten, und der aus diesen zu folgernden Geschoßwirkungen. Sie teilt die Stoffe in kompressible und nicht kompressible ein. Die ersteren verwenden die ihnen vom Geschoß mitgeteilte Geschwindigkeit zur weiteren — elastischen oder unelastischen — Komprimierung anliegender Massenteilchen. Bei der elastischen gleiten die verdrängten Teilchen nach dem Geschoßdurchtritt annähernd in ihre frühere Lage zurück, der Schußkanal wird relativ eng, beim Überschreiten der Elastizitätsgrenze kommt es allerdings zu erheblicheren Zerstörungen, desgleichen bei der unelastischen Kompression.

Die inkompressiblen Körper dagegen fliegen mit der ihnen vom Geschoß mitgeteilten Geschwindigkeit in der Flugrichtung weiter, zeigen aber dabei ein verschiedenes Verhalten, insofern sie von fester oder flüssiger Konsistenz sind. Die festen (Blei, knetbarer Ton) verbrauchen einen erheblichen Teil der empfangenen lebendigen Kraft zu ihrer eigenen Deformation. Die flüssigen dagegen, bei denen ein Verbrauch der mitgeteilten lebendigen Kraft, d. h. der Geschwindigkeit, zur Kompression oder Deformierung nicht möglich ist, fliegen mit der erworbenen Geschwindigkeit weiter, bis sie ein Hindernis treffen, das dann mehr oder minder großer Zerstörung anheimfällt. Solche Medien sind das Wasser und Stoffe von hohem Wassergehalt. Das Geschoß ist demnach imstande, weil bei diesen Medien eine Kraftabgabe resp. Kraftumsetzung in Reibung, Deformation, Komprimierung wegen ihrer physikalischen Eigenschaften wegfällt, seine eigene Geschwindigkeit uneingeschränkt mitzuteilen und auf diese Weise das bekannte Bild der Explosionswirkung hervorzurufen.

Am Schlusse dieser theoretischen Entwickelungen gibt die Medizinalabteilung den Versuch einer mathe-

matischen Berechnung der hydrodynamischen Druckwirkung wieder, dessen Endresultat ergibt, daß das Geschoß sofort beim Eindringen in Wasser einen großen Verlust an eigener lebendiger Kraft erleidet, d. h. dieselbe in der beschriebenen Weise dem Wasser mitteilt, was mit den entwickelten Annahmen übereinstimmen würde.

Bei der Übertragung dieser Verhältnisse auf die Organe eines Gewebes des menschlichen Körpers läßt sich eine hydrodynamische Druckwirkung des Geschosses nach den Ausführungen der Medizinalabteilung beim Herzen, den Gefässen, beim Magen, den Därmen und der Blase im Füllungszustande ohne weiteres annehmen. Nur zum Teil soll dagegen das Mark der Röhrenknochen seine Hülle infolge hydrodynamischen Druckes zerstören, da seine Menge zu gering sei im Verhältnis zu den oft beobachteten hochgradigsten Knochenzertrümmerungen.

Dieselben werden vielmehr als direkte Äusserung der großen lebendigen Geschoßkraft angesehen, welche sich in der Zerstörung des spröden, inkompressiblen Knochens geltend macht. Dagegen lasse sich bei Explosionsschüssen des Schädels die Theorie des hydrodynamischen Druckes zu einer ausreichenden Erklärung heranziehen.

Von jeher haben gerade diese Verletzungen ganz besonders die Aufmerksamkeit auf sich gelenkt, einmal, weil man gerade an diesem Körperteile die hochgradigsten Zerstörungen infolge von Sprengwirkung beobachten konnte, dann auch, weil in einem künftigen Kriege die Schädelschüsse einen ganz bedeutenden Prozentsatz der Verwundungen ausmachen dürften. Die Anhänger der Theorie des hydraulischen Druckes waren meist der Ansicht, das Geschoß zersprenge bei seinem Eindringen in das Gehirn die gegenüberliegende Schädelwand durch hydrostatischen Druck und fliege durch die Trümmer derselben hinaus. Daß diese Voraussetzung falsch ist, hat die Medizinalabteilung bewiesen. Bei Schädelschüssen aus mittlerer Entfernung, bei welchen keine ausgesprochene explosive Wirkung stattfindet, zeigt sich um Ein- und Ausschuß ein System von Sprengungslinien, die radiär und zirkulär angeordnet sind und bei Schüssen aus größerer Nähe in einander übergehen und das Bild undeutlich machen. Nun gelang es der Medizinalabteilung bei mehreren Schädeln, deren Knochen unter

einem typischen „Explosionsschuß“ auseinander gesprengt waren, durch Zusammensetzen der einzelnen Knochenteile erstens eine Ausschußöffnung oder wenigstens Konturen einer solchen zusammenzufügen, zweitens ließ sich das erwähnte Fissurensystem um den Ausschuß herum dabei nachweisen.

## VII. Die Köhlersche Theorie der Keilwirkung des Geschosses und der gestörten Labilität der Wasserteilchen.

Hauptsächlich von Beobachtungen von Schädelschüssen leitet Professor Köhler seine in dem Lehrbuch: „Die modernen Kriegswaffen“ entwickelte Theorie her. Dieselbe lautet wörtlich folgendermassen: „Die Explosiverscheinungen bei Schädelschüssen beruhen auf keilförmiger Zerstörung desselben durch ein mit sehr hoher Geschwindigkeit begabtes Geschoß; ermöglicht wird dieser Vorgang dadurch, daß gegenüber der Geschwindigkeit des Geschoßfluges (das Geschoß durchsetzt den Schädel in dem 3-, 4-, 5 tausendsten Teil einer Sekunde) die Wasserteilchen des Schädelinhaltes ihre Labilität nicht betätigen können.“ Es sind also zwei Momente, die in seiner Theorie hervorgehoben werden, die Keilwirkung der Geschosse und die Annahme eines Labilitätsverlustes kleinster Wasserteilchen beim Empfangen eines intensiven Stoßes. Nach Professor Köhler wirkt jedes Geschoß, auch eine Rundkugel, wie ein Keil. Ein Zeichen dieser Wirkungsart sind die in Zielen mannigfacher Art beobachteten radiären und zirkulären Spalten. Die ersten sind als Folgen der Keilwirkung analog mit Vorgängen des alltäglichen Lebens ohne weiteres verständlich. Ebenso sollen jedoch die zirkulären Fissuren durch Gewalt eines Keiles sich erklären lassen, eine Annahme, die nicht überall Zustimmung gefunden hat. Sie sollen durch Wellenbewegungen entstehen, ähnlich denen, welche im Wasser konzentrisch um einen hineingeworfenen Stein sich bilden. Auf der Höhe der Wellenkämme soll die Kontinuitätstrennung der kleinsten Teilchen erfolgen.

Dieselbe Wirkung des Geschosses, d. h. die eines Keiles, welche das Geschoß auf die Schädelknochen aus-

übt und die sich in der beschriebenen Weise an ihnen manifestiert, nimmt Professor Köhler auch für das Gehirn an. Als Beweis hierfür führt er Schußverletzungen von Gehirnen an, welche vom Schußkanal ausgehende, tief ins Innere dringende radiale Spalten erkennen liessen. Demnach muß sich das Gehirn unter dem Beschuß wie ein fester Körper verhalten haben, was zunächst in Anbetracht seines hohen Flüssigkeitsgehaltes auffällig erscheint. Man sollte eher erwarten, die kleinsten Flüssigkeitspartikelchen müßten infolge ihrer großen Labilität dem Stoße auszuweichen imstande sein. Nun bringt Professor Köhler eine Reihe von Beispielen herbei, welche beweisen sollen, daß die Labilität der Wasserteilchen beim Empfangen eines intensiven Stoßes verloren geht, da bei einem solchen das Verschieben der Moleküle, zu dem eine gewisse, wenn auch unmeßbar kleine Zeit erforderlich ist, nicht stattfinden kann. Unter diesen Umständen verliert das Wasser seine physikalischen Eigenschaften und nimmt für einen Moment die eines festen Körpers an, das Geschoß kann sich an ihm als Keil betätigen, die von ihm erzeugten Stoßwellen können sich wie in einem festen Körper überall hin fortpflanzen. Die verschiedenen Grade der Keilwirkung richten sich nach der Geschwindigkeit des Geschosses, die Wellenbewegung im Gehirn und die Wirkung derselben kommt ähnlich dem Verhalten eines mit Marmorkugeln gefüllten Blechgefäßes während des Beschusses zu stande: Bei mäßiger Geschwindigkeit des Geschosses zeigt die Blechkapsel nur um den Ausschuß herum Ausbeulungen, bei höherer Geschwindigkeit vergrößert sich ihre Anzahl, bei allerhöchster Geschwindigkeit zeigen sie sich auch am Einschuß. Diese Vorgänge entsprechen den einzelnen Graden der Sprengresp. Explosionswirkung am Schädel.

Von den beiden letztgenannten Theorien fand die des „hydrodynamischen Druckes“ bei weitem mehr Anhänger als die Köhlersche.

## Tilmanns Versuche.

Ein eifriger Verfechter der ersteren war vor allen Professor Tilmann, der sich besonders Schädelschüsse zum Studium nahm. In seiner Abhandlung: „Zur Be-

handlung der Schädelschußwunden“ weist er auf die bei dieser Art von Verletzungen häufig beobachteten eigentümlichen Zerstörungen des Gehirns hin, die nicht nur in direkt betroffenen Partien, sondern weit über die Grenzen des Schußkanals hinaus sich äußern, was nach den Gesetzen der Hydrodynamik stattfinden müsse. Zum Beweise hierfür stellte er mehrere interessante Versuche an, die er auf dem 27. Kongreß der Deutschen Gesellschaft für Chirurgie veröffentlichte. Um das Wesen der Explosionswirkung möglichst genau studieren zu können, suchte er die geringsten Grade derselben zu erreichen, was ihm mit einem 9 mm-Revolver gelang, dessen Geschoß nur eine Schädelwand durchbohrte. Wurde mit dieser Waffe ein isoliertes Gehirn beschossen, so flog es explosionsartig auseinander. Ein um das Hirn geschlungenes Tuch verhinderte bereits diese Wirkung, zeigte aber auf der Seite des Ausschusses lange Risse. Wenn ein mit einem abgesägten Schädeldache bedecktes Gehirn als Ziel diente, konnte man ein Abheben der Schädeldecke während des Schusses beobachten. Hieraus zieht Tilmann den Schluß, daß das Gehirn unter dem Beschuß eine Dehnung erfahre und zwar in der zum Schußkanal senkrecht stehenden Ebene, daß „die Hirnteile radiär vom Schußkanal geschleudert werden, aber durch die Umhüllung bezw. Bedeckung gehindert, wieder zurückfliegen“. Die Volumvergrößerung des Gehirns während des Beschusses bewies er experimentell durch zwei Elektroden, die senkrecht zur Schußlinie in die Nähe des mit einem feuchten Lappen umhüllten Gehirns gebracht wurden. Bei einer Entfernung der Drähte vom Gehirn von je 4 mm gab der eingeschaltete Galvanometer einen Ausschlag.

Für diese Volumveränderung des Gehirns während der kurzen Dauer des Schusses sucht Professor Tilmann übereinstimmend mit der Medizinalabteilung in einer den Hirnpartikelchen vom Geschoß mitgeteilten Geschwindigkeit eine Erklärung und bekennt sich zu der Theorie der hydrodynamischen Druckwirkung. Seine bei den geringgradigsten Zerstörungen des Gehirns gemachten Beobachtungen überträgt er auf die Nahwirkungen der modernen kleinkalibrigen Geschosse, deren bedeutend größere lebendige Kraft in diesen Fällen den

Hirnteilchen eine entsprechend größere Geschwindigkeit zuerteile, demnach die explosiven Verletzungen nach den Gesetzen der hydrodynamischen Druckwirkung erklären lasse.

Von Tilmann ist zuerst der Gedanke ausgegangen, die beim Explosionsschuß sich abspielenden Vorgänge photographisch festzuhalten. Da er sich dieselben in aufeinander erfolgenden, allerdings unmeßbar kurzen Episoden von statten gehend dachte, wandte er einen kinematographischen Apparat an, welchen er seitlich von Schädeln, die auf 5 m Entfernung mit einem modernen Gewehr beschossen wurden, aufstellte. Der Apparat ermöglichte 50 Aufnahmen in der Sekunde. Der Augenblick, in welchem das Geschoß den Schädel traf, fiel gerade in den Zwischenraum zwischen zwei Aufnahmen. Auf einer Reihe von Bildern sieht man daher den Schädel noch im Ruhezustand, während auf dem nächsten sich die Wirkung des Geschosses bereits durch ein Einschußloch äußert. Die Einschußwand ist stehen geblieben, dagegen die Ausschußseite bereits gefallen, ein Streukegel von Hirnteilchen fliegt aus dem Ausschuß und auch nach oben, senkrecht zu der Geschoßbahn. Auf dem nächsten Bilde erst sinkt die Einschußwand zusammen, das Umherfliegen von Hirnteilen dauert noch bis zur achten Aufnahme fort, während die Absprengung des Schädeldaches selbst nur zwei Aufnahmen, d. h. gleich ca. $^2/_{50}$ Sekunden, währt.

Die Photographien eines anderen Schädels boten ein anderes Bild, insofern als der Schädel nicht explosionsartig auseinander flog, was der Dicke seiner Knochen zuzuschreiben war, sondern als Ganzes eine Volumvergrößerung zeigte. Dies wurde durch einen Kontrollpappschirm festgestellt, dessen oberer Rand das Schädeldach vor dem Schusse überragte, beim Schuß jedoch durch den gewissermassen aufgeblähten Schädel verdeckt wurde. Die Wirkung des Geschosses auf die Knochen bestand nur in einem handtellergroßen Defekt, während das Gehirn in eine breiige Masse verwandelt war.

Bei diesen Versuchen wurde gleichzeitig bewiesen, daß das Geschoß an einem 25 cm hinter dem Schädel aufgestellten Schirm eher ankam, als die Hirnteile. Diese Tatsache sowie das längere Stehenbleiben der Einschuß-

wand gegenüber der des Ausschusses hält Tilmann für wichtige, gegen die Annahme eines hydraulischen Druckes sprechende Gründe, da bei einem solchen die Sprengung des Schädeldaches erstens sofort beim Eintritt des Geschosses stattfinden und zweitens nach allen Seiten hin gleichzeitig auftreten müßte, was den photographischen Wiedergaben zufolge nicht der Fall ist. Dagegen beweisen seiner Meinung nach wie seine ersten Versuche auch die Photographien die Richtigkeit der Theorie von der hydrodynamischen Druckwirkung des Geschosses im Gehirn, welches den Hirnpartikelchen Geschwindigkeit mitteilt, sodaß sie entweder den Schädel nur gewissermassen aufblähen oder wie im ersten Fall auseinandersprengen.

### Kontroverse über die Krönleinschen Schädelschüsse, die gegen die hydrodynamische Theorie sprechen sollen.

Gegen die letztgenannte Theorie führte Professor Krönlein ein paar Fälle von explosionsartiger Zerstörung der Schädelknochen bei gleichzeitig auffallend geringer Verletzung des Gehirns an, die er als „theoriewidrig“ bezeichnete. Besonders ein Befund erregte Bedenken: die Leiche eines Mannes, wahrscheinlich eines Selbstmörders, zeigte einen großen Defekt des Schädels, das nur wenig an der Unterfläche beschädigte Gehirn lag zwei Fuß von der Leiche entfernt. Auch die übrigen Fälle — es handelte sich meist um Selbstmörder — wiesen eine gegenüber den Knochendefekten geringe Verletzung des Gehirns auf.

Tilmann sucht eine Erklärung für diese eigenartige Erscheinung in den Pulvergasen, die an und für sich schon imstande sind, Knochen zu zertrümmern, allerdings natürlich nur aus nächster Nähe. In den Krönleinschen Fällen handele es sich um Selbstmörder, welche die Gewehrmündung meist dicht auf die Haut aufsetzen oder nur wenig entfernt von ihr halten. Da unanfechtbare Versuche ergeben haben, daß blinde Pulverladungen der heutigen Gewehre aus nächster Nähe hochgradige Zerstörungen von Knochen erzeugen können, ließen sich die erwähnten eigentümlichen Verletzungen

schon durch blinde Schüsse mit starker Pulverladung und aufgesetzter Gewehrmündung genügend erklären. In diesem Falle sei anzunehmen, die Pulvergase hätten die eine Schädelseite durchbohrt, sich zwischen Gehirn und Schädelkapsel gesammelt, letztere gesprengt und durch ihren Druck das Gehirn in toto oder in größeren unverletzten Teilen in der Flugrichtung herausgeschleudert.

Habe der betreffende Selbstmörder jedoch, dessen Gehirn so geringe Verletzung zeige, mit aufgesetzter Mündung und scharfer Ladung geschossen, so seien in diesem Falle die Pulvergase dem Geschoß so heftig nachgestürmt, daß es seine Wirkung auf das Gehirn nicht ausüben konnte. Durch den Anprall dieses gegen die Schädelkapsel sei letztere zerbrochen und das Gehirn durch die Öffnung hindurchgeflogen. Demnach hätten die von Krönlein berichteten Schädelschüsse nichts mit der Theorie des hydrodynamischen Druckes zu tun.

Anders erklärt Stabsarzt Hildebrandt die eben erwähnten Explosionsschüsse mit geringer Hirnverletzung. Er bringt sie mit dem Umstande in Zusammenhang, daß hier die Schußrichtung entlang der blutreichen Hirnbasis verlaufen ist. Die Seitenwirkung auf das Gehirn selbst ist beim Lebenden überhaupt geringer, als man gewöhnlich annimmt, vor allem seit Einführung der neuen 8 mm-Mantelgeschosse. Den Schießversuchen auf Leichen ist gerade bei Hirnschüssen wenig Gewicht beizulegen, da das Gehirn nach dem Tode sehr rasch fault, sich verflüssigt und seine kleinsten Teilchen ihre Kohäsionskraft dadurch verlieren. Die Krönleinschen Schädelschüsse erklärt er durch dieselben Vorgänge, welche er bei allen Explosionsschüssen annimmt, durch den Ansturm in Bewegung gesetzter Teilchen des betroffenen Mediums gegen seine Wandungen. Die Wirkung ist in diesen Fällen besonders heftig gewesen, weil der Schuß die blutreiche Hirnbasis betraf. Durch den Ansturm der Flüssigkeitsteilchen gegen die Ein- und Ausschußwand ist hier die Schädelkapsel auseinandergesprengt, die dem Geschoß nachfolgenden Flüssigkeitswellen haben dann das Gehirn aus der geborstenen Hülle herausgeschleudert. Dagegen ist die Seitenwirkung auf das Gehirn selbst nur gering geblieben, was bei den meisten Hirnschüssen der Fall ist und wofür er Beispiele aus

dem südafrikanischen Feldzuge beibringt. Eine genauere Wiedergabe der Hildebrandtschen Erklärung der Explosionsschüsse wird weiter unten erfolgen.

## VIII. Die Versuche mit der Funken- und Mehrfachfunkenphotographie und ihre Deutungen.

Der Versuch Professor Tilmanns, die Photographie zur Erklärung der Explosionsschüsse heranzuziehen, brachte ein ganz neues System in die Untersuchungen über diesen vielumstrittenen Gegenstand hinein. Schon 1896 hatte Mach mit dem von ihm erfundenen Apparat zur Funkenphotographie Aufnahmen freifliegender Geschosse hergestellt. Dieser Apparat, der als Lichtquelle den Funken einer Leydener Flasche benutzt, gestattet die Photographie des Geschosses und seiner Wirkung etwa während des millionsten Teils einer Sekunde.

### a) Die Versuche von Cranz und Koch.

Cranz und Koch waren, soviel ich aus der mir zur Verfügung stehenden Literatur gefunden habe, die ersten, welche Versuche über „Explosionsschüsse“ mit dem Machschen Apparat anstellten. Auf eine genauere physikalische Beschreibung des Apparates einzugehen, ist hier nicht der Ort. Es sei nur erwähnt, daß bei den erwähnten Experimenten die Auslösung des elektrischen Funkens durch besondere, von den Autoren im beschossenen Gefäß oder außerhalb desselben angebrachte Vorrichtungen während jeder beliebigen Phase der Geschoßwirkung hervorgerufen werden konnte. So konnten z. B. auch die Vorgänge im Wassergefäße nach dem Durchschlagen des Geschosses durch dasselbe wiedergegeben werden. Ein Hohlspiegel, auf welchen das Licht des elektrischen Funkens fiel, warf das entstehende Momentbild in das Objektiv einer photographischen Camera, sodaß daselbst das Spiegelbild des Vorganges entstand, den der Funke während seines verschwindend kurzen Aufblitzens beleuchtete.

Von den beiden Autoren wurden Schießversuche auf wassergefüllte Blechzylinder unternommen, die auf der Einschußseite mit Pergamentpapier, auf der gegen-

überliegenden mit einer Gummihaut verschlossen waren. Als Munition diente ein Geschoß, dessen Geschwindigkeit die des Modells 88 um 100 m übertraf. Den Untersuchungen lag die Absicht zu Grunde, das Verhalten der Ausschußseite eines flüssigkeitsreichen Körpers genau zu beobachten.

Als Ergebnis dieser Versuche stellte sich heraus, daß die Ausschußwand der im Experiment verwendeten Gefäße zur Zeit, wo sie vom Geschoß getroffen wurde, noch keinerlei bemerkenswerte Veränderungen zeigte. Eine solche, und zwar in Gestalt einer Ausbuchtung, trat erst ein, nachdem das Geschoß aus dem Gefäße bereits ausgetreten war. Im Gegensatz machte sich jedoch noch während des Verweilens des Projektiles im Wasser ein starkes Zurückströmen von Flüssigkeit aus der Einschußöffnung nach dem Schützen zu bemerkbar. Das explosionsartige Auseinanderfliegen des Gefäßes trat erst ein, nachdem das Geschoß dasselbe längst verlassen, eine Tatsache, welche der Theorie vom hydraulischen Druck sozusagen den Todesstoß versetzt.

Bei Benutzung längerer zylindrischer Wassergefäße jedoch oder unter Anwendung geringerer Geschoßgeschwindigkeiten wurde ein Platzen der Ausschußwand bereits vor dem Auftreffen des Geschosses auf dieselbe festgestellt.

### b) Die Ahlbornschen Photographien von Strömungen um einen im Wasser sich bewegenden Körper.

Diesen Experimenten mit dem Machschen funkenphotographischen Apparat folgten in neuester Zeit die Versuche von Dr. Ahlborn, welcher damit Photographien der Strömungserscheinungen, die ein im Wasser sich fortbewegender Körper in diesem hervorruft, herstellte. Die Versuche haben zwar direkt mit dem Studium der Explosionsschüsse eigentlich nichts zu tun, sind aber insofern von hoher Wichtigkeit, als sie zur Deutung derselben in äußerst zutreffender Weise herangezogen worden sind. Die Ahlbornschen Photographien lassen ein System von Strömungen erkennen, die als Folgen des Widerstandes aufzufassen sind, den die Flüssigkeit dem vordringenden Körper, z. B. dem

Geschoß, entgegensetzt. Man sieht erstens Strömungen, die von vorn nach hinten an den Längsseiten des Geschosses entlang ziehen, d. h. von der Gegend des höchsten Druckes vor der Geschoßspitze nach der Stelle des niedrigsten Druckes, die sich hinter dem Geschoß befindet. Zweitens sieht man hinter dem Geschoß eine deutliche Wirbelbewegung einhergehen, die als Folge seiner Saugwirkung aufzufassen ist; endlich geht dem Projektil eine Stau- oder Bugwelle voran, eine Heck- oder Soggwelle folgt ihm. (Die Bezeichnungen sind aus Vergleichen mit den Schiffsströmungen im Wasser herangezogen.)

### c) Die Kranzfelder-Schwinningschen Versuche.

Ein noch größerer Fortschritt in der Erforschung der Geschoßwirkung und somit auch der „Explosionsschüsse“ wurde durch die Umgestaltung des Machschen Apparates, der nur immer von einem Schuß eine Aufnahme zuläßt, in eine Vorrichtung für sogenannte „Mehrfachfunkenphotographie“ erreicht. Dieser Apparat bedeutet für die Funkentelegraphie dasselbe, was der Kinematograph gegenüber der einfachen Photographie darstellt. Die Versuche, von Oberstabsarzt Dr. Kranzfelder und Oberingenieur Dr. Schwinning, dem Erfinder des umgestalteten Machschen Apparates, geleitet, ermöglichten eine genaue Wiedergabe der feinsten Vorgänge, die sich während des Beschusses menschlicher und tierischer Gewebe in mehreren aufeinander erfolgenden Millionstel Sekunden abspielten. Allerdings ließ der benutzte Apparat nur sieben sich folgende Einzelbilder zu, aber es ist nur eine Frage der Zeit, inwieweit diese geniale Verbesserung des Machschen Apparates sich noch weiter vervollkommnen läßt.

Die Photographien beschossener Schmalzplatten zeigen übereinstimmend, daß sowohl nach dem Schützen zu als in der Schußrichtung senkrecht zur Platte aus dieser je ein Zylindermantel, durch kleinste Schmalzteilchen gebildet, herausragt, der an seinem freien Rande zuletzt durchscheinend dünn wird und zusammenfällt. Die durch Photographie wiedergegebenen Bewegungen der betroffenen Teilchen um das Geschoß

gehen in der Form von konzentrischen Zylindermänteln vor sich. Von diesen ist der stärkste und am meisten zentral gelegene der Geschoßbahn scharf angelagert und wird von den genannten Autoren als „primärer zentraler Bewegungskern“ bezeichnet. Seine Entstehung verursachen die von der Geschoßspitze selbst verdrängten Teile des Zieles. Die anderen Zylindermäntel entstehen auf sekundäre Weise, indem der zentrale Bewegungskern die ihm anlagernden Teilchen des Mediums in Bewegung versetzt, sodaß sie wieder einen — sekundären — Zylindermantel bilden und so fort. Dabei nimmt die Geschwindigkeit der einzelnen Mäntel nach der Peripherie des Zieles zu ab, was daraus zu ersehen ist, daß jeder folgende den vorhergehenden nur zum Teil überdeckt.

Die übrigen Ergebnisse der Versuche lassen sich folgendermaßen zusammenfassen: Dem Geschoß geht keine Bewegung von Gewebsmassen voran, die Fortsetzung des Geschoßstoßes bei größter Geschwindigkeit folgt der Geschoßspitze in der Flugrichtung verhältnismäßig langsam, ebenso wie sie sich nach den Seiten hin im Verhältnis zum Geschoß langsam entfaltet. Indessen wird in diesem Punkte ein Unterschied durch die Spitzenform der Projektile gleicher Geschwindigkeit hervorgerufen. Geschosse mit schlankerer Spitze rufen eine Seitenwirkung, langsamer als ihre eigene Geschwindigkeit, hervor. Bei den sogenannten „plattköpfigen Geschossen“ geht die Seitenwirkung schneller als die Geschoßgeschwindigkeit vor sich.

## Kontroverse über die mit der Funkenphotographie angestellten Versuche.

Alle diese unumstößlichen, durch Photographien direkt nachgewiesenen Vorgänge bei Explosionsschüssen mußten einerseits die meisten älteren Theorien über den Haufen werfen, andererseits den Experimentatoren zu der richtigen Deutung des interessanten Gegenstandes eine wichtige Handhabe bieten. Cranz und Koch bezeichnen die Macht, welche bei ihren Versuchen das Wassergefäß zur Explosion brachte, als „translatorische Fortbewegung der durchschossenen Masse selbst“. Dieselbe wird dadurch hervorgerufen, daß das Geschoß seine

Bewegungsenergie auf das Ziel in der Art überträgt, daß dieses in seinen Teilen selbst in „translatorische“ Bewegung versetzt wird und auf diese Weise eine einschließende Hülle zersprengt. Ein wesentlicher Unterschied zwischen dieser Auffassung und der von der Medizinalabteilung und Professor Tilmann vertretenen besteht demnach kaum.

Von anderen Gesichtspunkten geht Stabsarzt Hildebrandt bei der Erklärung der Explosivstoffe aus, indem er die erwähnten Ahlbornschen Photographien hierzu heranzieht. Auch er weist auf die nach dem Schützen zu sich äußernde Rückwirkung des Geschosses am Einschuß hin, die er außer durch Versuche auch im südafrikanischen Feldzuge bei Gelegenheit von Obduktionen bestätigt fand. Obwohl die rückwirkende Gewalt der modernen Geschosse schon früher durch Versuche bewiesen war, wurde ihr doch weniger Gewicht beigelegt als heute und ihr Zustandekommen oft falsch gedeutet. Die Vorgänge, die sich während einer Explosionswirkung abspielen, erklärt Stabsarzt Hildebrandt etwa folgendermaßen: Durch das Geschoß werden Teile der betroffenen Flüssigkeiten oder flüssigkeitsreichen Gewebe selbst in Bewegung gesetzt. Eine Übertragung von Druckspannung findet nicht statt. Die Bewegungen, welche durch das Geschoß in dem flüssigen Medium hervorgerufen werden, sind dieselben Vorgänge, welche die Ahlbornschen Photographien erkennen lassen. Die Wirkung nach dem Schützen zu wird durch Gewebsteilchen hervorgerufen, die am Geschoß entlang von den Stellen des höchsten Druckes vor der Geschoßspitze nach der Gegend des niedrigsten Druckes, d. h. nach dem Einschuß zu, strömen. Daher ist auch daselbst die rückwirkende Kraft am größten, während sie nach den Seiten zu abnimmt. Dem Geschoß geht eine Bugwelle voran, eine Soggwelle folgt ihm, wodurch die Gewalt des Geschoßstoßes verbreitert, aber gleichzeitig gegenüber dem Geschoßfluge selbst verlangsamt wird. Die Geschwindigkeit der entstandenen Wellen ist vor und hinter dem Geschoß am größten und nimmt nach den Seiten zu ab. Hierdurch läßt sich die große Zerstörung am Ausschuß genügend erklären. Die Seitenwirkung ist umgekehrt proportional der Kohäsionskraft der kleinsten Teile des beschossenen Mediums.

Die Hildebrandtschen Ausführungen finden durch die Ergebnisse der Kranzfelder-Schwinningschen Versuche im ganzen eine Bestätigung. Die Rückströmung kleinster Teilchen nach dem Einschuß zu ist auch durch diese Photographien direkt bewiesen. Sie beginnt z. B. sofort beim Eindringen der Geschoßspitze in eine Knochenmarkhöhle. Dagegen können sich die letztgenannten Autoren nicht mit der angenommenen Entstehung einer Soggwelle hinter dem Geschoß her einverstanden erklären, da hierzu in den Geweben die Bedingung nicht gegeben sei. Außerdem geht nach Kranzfelder dem Geschoß keine Bewegung kleinster Teilchen voran, die Stauwelle wird also ebenfalls hinfällig. Die Explosionswirkung der modernen kleinkalibrigen Geschosse wird von dem letztgenannten Autor folgendermaßen erklärt: Bei hohen Geschwindigkeiten des Geschosses findet die Übertragung seines Stoßes in homogenen Fettmassen, im Gehirn und Knochenmark in derselben Weise wie im Wasser statt. Der sogenannte „primäre zentrale Bewegungskern“ ist die erste Äußerung der Geschoßwirkung. Seine Teilchen strömen mit großer Vehemenz nach der Gegend des niedrigsten Druckes und sind imstande, schon allein die Knochenwand um den Einschuß aufzubrechen. Die ihm anliegenden Gewebsteilchen, die sich in einer gewissen Druckspannung im Zustande der potentiellen Energie befinden, werden durch ihn in Bewegung gesetzt, ihre potentielle Energie wird in kinetische umgewandelt. Diese erste sekundär entstandene Zone setzt ihrerseits wieder eine zweite sekundär in Bewegung u. s. f. Durch die geschilderten Verhältnisse lassen sich alle Explosionserscheinungen erklären: die sehr früh auftretende Rückwirkung nach dem Schützen zu, die im Verhältnis zum Geschoßfluge langsam von statten gehende Seitenwirkung, endlich die überwiegenden Zerstörungen am Ausschuß. Hier kommt noch ein besonderer Umstand hinzu, es ist das kurze Aufgehaltenwerden des Geschoßfluges durch die Ausschußwand, welche die Geschoßspitze zersprengen muß. Diese kurze Zeit genügt, um mehrere sekundäre Zonen gleichzeitig mit der Geschoßspitze am Ausschuß anlangen zu lassen und sich mit der Wirkung dieser zu vereinigen.

## Schlufs.

Wenn man die eben angeführten Theorien noch einmal in ihrer Gesamtheit überblickt, so scheint die letzterwähnte die größte Berechtigung zu haben, zumal sie sich auf sorgfältig geleitete photographische Versuche stützen kann. Ob die Untersuchungen über das Wesen der Explosionswirkungen hiermit als abgeschlossen anzusehen sind, ob die letzte Theorie überall Anhänger finden wird, muß vorläufig noch dahingestellt bleiben.

Nach den vorstehenden Ausführungen liegen noch einige Fragen nahe, die von allgemeinem Interesse sein dürften.

Welchen Einfluß wird in einem künftigen Kriege diese explosionsartige Wirkung der modernen Geschosse auf die Verwundungs- bezw. Mortalitätsziffer haben?

Bei Beantwortung dieser Frage muß die ungeheure Flugweite der jetzigen Geschosse mit in Betracht gezogen werden, die ein Feuergefecht unter gewöhnlichen Verhältnissen wohl kaum unterhalb der Entfernung von 1000 m zu eröffnen gebietet. Nun tritt aber Sprengwirkung erst mit 400—500 m Weite, ausgesprochene Explosionswirkung aber erst aus größerer und größter Nähe auf, also etwa von 100 m an abwärts. Voraussichtlich dürfte ein Schützengefecht aus 500 m Entfernung meist zur Entscheidung kommen, wenn nicht besondere Verhältnisse, wie Überfälle, Erstürmungen fester Positionen, mitspielen; es werden also wirkliche „Explosionsschüsse“ gegenüber den geringeren Graden der Sprengwirkungen nicht sehr häufig zur Beobachtung gelangen.

Eine andere Frage, die oft erörtert wird, ist die nach der Humanität der heutigen Kleingewehrprojektile. Unser modernes Geschoß ist nur zum Teil, wenn man so sagen darf, human zu nennen, nur wenn es den Körper aus mittlerer und größerer Entfernung trifft. Unter diesen Umständen verursacht es meist einen gleichmäßig engen Schußkanal und deformiert sich nur selten. Nach Berichten aus dem Burenkriege und von Unfällen ist die Schmerzempfindung der Getroffenen oft so gering, daß von denselben, hauptsächlich bei Bauch- oder Weichteilschüssen, zuweilen nur ein ganz leichter Schlag empfunden wurde, etwa als wenn der Betreffende

mit einem Steinchen geworfen worden wäre. Es ist beobachtet worden, daß mehrfach Verwundete weiter gekämpft haben. Diese Tatsache veranlaßte die englische Heeresleitung, die Wirkung der Geschosse künstlich durch herbeigeführte Deformation zu erhöhen. Das erste Resultat der Versuche war das Dum-Dum- oder Bleispitzengeschoß. Von dem Vollmantelgeschoß wurde die Mantelspitze entfernt, sodaß die Bleikuppe des Kernes frei zu Tage lag. Man verwandte diese Geschoßart in dem Kriege gegen die Eingeborenen von Tschitral, wo sie die gehegten Erwartungen erfüllte. Das Geschoß, das mit unverminderter Geschwindigkeit den Körper traf, erzeugte durch die Deformation der Bleispitze so furchtbare Verletzungen, daß dieselben den Verwundungen durch grobes Geschütz fast gleichkamen. Mit Recht wurde daher die Petersburger Konvention gegen die Verwendung derartiger Projektile geltend gemacht. Neuerdings sind an ihre Stelle die Hohlspitzengeschosse getreten, welche durch ihre ebenfalls enorme Explosivwirkung die Schlacht bei Omdurman entscheiden halfen. Es sind Mantelgeschosse, deren Spitze einen 2 mm weiten und 9 mm langen zylindrischen Hohlraum in sich trägt. Über ihre Wirkung hat Professor von Bruns Versuche veröffentlicht. Sie haben ergeben, daß die Hohlspitze die Geschwindigkeit nicht beeinträchtigt. Die Verletzungen, die sie erzeugen, sind infolge ihrer Neigung zur Deformation viel schwerer, als die der Vollmantelgeschosse, vor allem bei Nahschüssen, außergewöhnlich schwer beim Eindringen in flüssigkeithaltige Organe, da hier das Geschoß vollständig zertrümmert wird. Man kann also diesen beiden Geschoßabarten keine „humane“ Wirkung zuerkennen. Ebensowenig aber kann man unser heutiges Vollmantelgeschoß, wenn es den Körper aus der Nähe trifft, als human bezeichnen, denn dann sind enge Schußkanäle selten, größere Weichteil- und vor allem Knochendefekte die Regel, wie zahlreiche Schießversuche bewiesen haben. Indessen wird diese Nahwirkung der heutigen Geschosse in einem künftigen Kriege seltener werden, da, wie bereits erwähnt, die Entfernungen, in welchen sich das Feuergefecht abspielt, mit zunehmender Verbesserung der Geschosse auch immer größer werden.

# Literatur.


1. Sanitätsbericht über die Deutschen Heere im Kriege gegen Frankreich 1870/71: Die Verwundungen durch Kriegswaffen bei den Deutschen Heeren im Kriege gegen Frankreich. Allgem. Teil.
2. Über die Einwirkung der Gewehrgeschosse auf den menschlichen Körper. Deutsche militärärztliche Zeitschrift, 1879.
3. Über die Wirkung und kriegschirurgische Bedeutung der neuen Handfeuerwaffen. Bearbeitet von der Medizinalabteilung des Königl. Preuß. Kriegsministeriums. Berlin, 1894.
4. Th. Kocher: Zur Lehre von den Schußwunden durch Kleinkalibergeschosse. Kassel, 1895.
5. Köhler: Die modernen Kriegswaffen. Berlin, 1897.
6. Prof. Dr. von Bruns: Über die Wirkung der neuesten englischen Armeegeschosse (Hohlspitzengeschosse). Tübingen, 1899.
7. Tilmann: Über Schußverletzungen des Gehirns. Archiv für klinische Chirurgie, 57. Band, Heft 3.
8. Tilmann: Zur Theorie der Schädelschüsse. Deutsche militärärztliche Zeitschrift, 1900.
9. C. Cranz und K. R. Koch: Über die explosionsartige Wirkung moderner Infanteriegeschosse. Annalen der Physik, 4. Folge, Band 3, 1900.
10. Hildebrandt: Zur Erklärung der Explosionsschüsse. Münchener medizinische Wochenschrift, 1903, Nr. 25.
11. Kranzfelder und Schwinning: Die Funkenphotographie, insbesondere die Mehrfachfunkenphotographie, in ihrer Verwendbarkeit zur Darstellung der Geschoßwirkung im menschlichen Körper. Berlin, 1903.
12. Würth von Würthenau: Beiträge zur Sprengwirkung penetrierender Projektile in den Brust- und Baucheingeweiden. Deutsche militärärztliche Zeitschrift, 1904.

# Thesen.

I.

Unser heutiges kleinkalibriges Geschoß ist nicht unbedingt humaner zu nennen als die früheren großkalibrigen Geschosse.

II.

Die Ventrifixation ist die rationellste Therapie bei retroflektiertem Uterus.

III.

Bei fluktuierenden Bubonen infolge von Ulcus molle ist die Langsche Operation die zunächst anzuwendende Behandlungsweise.

# Lebenslauf.

Verfasser dieser Arbeit, Johannes Rohkohl, evangelischer Konfession, Sohn des Königlichen Superintendenten Rohkohl, wurde am 9. November 1879 zu Wernersdorf in Schlesien geboren. Er besuchte von Ostern 1890 bis Ostern 1898 das Königliche Gymnasium zu Hirschberg i. Schl., welches er mit dem Zeugnis der Reife verließ. Von Ostern 1898 bis Oktober 1898 war er bei der medizinischen Fakultät der Königlichen Universität Breslau, von Oktober 1898 bis Februar 1903 bei der Kaiser Wilhelms-Akademie für das militärärztliche Bildungswesen immatrikuliert. Seiner Dienstpflicht mit der Waffe genügte er vom 1. April 1899 bis zum 30. September 1899 bei der 4. Kompagnie 4. Garde-Regiments z. F. Am 28. Juli 1900 bestand er die ärztliche Vorprüfung. Am 15. Februar 1903 wurde er zum Unterarzt ernannt und dem 2. Ermländischen Infanterie-Regiment Nr. 151 zugeteilt. Nach Beendigung des 1 Jahr dauernden Kommandos zur Königlichen Charité widmete er sich der Ablegung der Staatsprüfungen, die er am 25. November 1904 bestand.

Während seiner Studienzeit besuchte er die Vorlesungen, Kliniken und Kurse folgender Herren:

Bennecke (†), v. Bergmann, Brieger, Engler, Engelmann, Ewald, Fischer, B. Fränkel, Frey, Gerhardt (†), Goldscheider, Gusserow, Hertwig, Heubner, Hiller, Jolly (†), Jürgens (†), Köhler, König, Lesser, v. Leyden, Liebreich, v. Michel, Oestreich, Olshausen, Rubner, Salkowski, Schulze, Schwendener, Sonnenburg, Straßmann, Stumpf, Thierfelder, H. Virchow, R. Virchow (†), Waldeyer, Warburg.

Allen diesen Herren, seinen hochverehrten Lehrern, spricht Verfasser an dieser Stelle seinen schuldigen und ehrerbietigsten Dank aus. Ganz besonderen Dank aber ist der Verfasser Herrn Oberstabsarzt Dr. Hiller für die Anregung zu der vorliegenden Arbeit sowie für die gütige Angabe und Überlassung der einschlägigen Literatur schuldig, den er ebenfalls an dieser Stelle zum Ausdruck zu bringen sich gestattet.